

SÜSTEEMI

Mathcad 4.0

JUHEND

Tartu Ülikool

Süsteemi
Mathcad 4.0
juhend

Koostanud Ahti Kelder

Tartu 1995

Retsenseerinud Helle Hein

Kaane kujundanud Andrus Peegel

TARTU ÜLIKOOI
RAAMATUKOGU

© Ahti Kelder, 1994

Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda
Tiigi 78, EE2400 Tartu
Tellimus nr. 391.

1.Põhimõtteid tööks *Mathcadiga*

Mathcad – see on viis kirjutada teksti ning valemeid, arvutada ning kuvada graafikuid.

1.1. Dokumendi kuju. Dokumendiks nimetame *Mathcadis* tehtud töö tulemust, mis paikneb ühes failis. Töö algul on ekraanil näha dokumendi vasak ülanurk.

Eesolevas dokumendis liikumiseks saab kasutada järgnevaid mooduseid:

- liigutada hiirt, samal ajal hiire klahvi vajutades (lohistada);
- vajutada nooleklahve;
- klõpsutada hiirega kursori asudes kerimisribal ekraani paremas või alumises servas;
- lohistada hiirt kursori paiknedes kerimiskastil kerimisriba peal;
- klõpsutada hiirega kursori viibides vastaval kerimisnoolel kerimisriba otsa peal;
- vajutada [PgUp] või [PgDn], liikumaks vastavalt kas üles või alla umbes neljandiku akna mahust ulatuses;
- vajutada [Ctrl] [PgUp] või [Ctrl] [PgDn] , liikumaks umbes nelja viiendiku aknast ulatuses;
- vajutada [Ctrl] [Home] või [Ctrl] [End], liikumaks vastavalt kas dokumendi esimesse või viimasesse regiooni;
- vajutada [Shift] [PgUp] või [Shift] [PgDn], asetamaks ekraanile vastavalt kas käesoleva või järgmise lehekülje ülaosa.

Rea algus ja lõpp dokumendis kuuluvad erinevatele lehekülgedele; lehekülgede vahet märgib parema lehekülje raja. Printimisel võetakse esmalt ette kõik vasakpoolsed leheküljed järjekorras ülevalt alla ning seejärel parempoolsed leheküljed.

Dokumentide konstruktsioonis on kolm vertikaalset raja.

Vasak äär (Left Margin) on printimisel jäetav vasak äär, mida ekraanil pole näha. Teda muudetakse tegevuste **Page Setup** või **Print Document** abil **File**-menüüst; ekraanil nähtavalt muutub tema asemel küll parema lehekülje raja.

Parem äär (Right Margin) ilmneb pideva vertikaaljoonena ja märgib lõikejoont tekstivööndi jaoks; teda saab muuta protseduuri **Set Right Margin** abil **Math**-menüüst, olles eelnevalt talle kursoriga välja valinud uue asupaiga, ja hoopis kaotada **Edit**-menüü protseduuriga **Clear Right Margin** (siis langevad ta funktsioonid parema lehekülje rajale).

Parema lehekülje raja (Right Page Boundary) on katkendlik joon kesk dokumenti, mis jaotab selle kõrvutiasuvateks lehekülgedeks; nähtav üksnes printeriga ühendatud arvutis ning kasutatava printeri tüüp määrab ka ta asupaiga.

Horisontaalseid leheküljemurdejooni on kaht liiki: pehmed (Soft Pagebreaks), mis nähtuvad katkendjoontena ja mille asupaiga määrab printeri tüüp, ja tugevad (Hard Pagebreaks), mille tekitamiseks on **Insert Pagebreak** **Edit**-menüüs. Pideva leheküljemurdejoone valimiseks (et teda eemaldada) minnakse kursoriga ta vasakusse otsa.

Formaatide, kirjade ja süsteemisestest muutujate väärtusi hoitakse konfiguratsioonifailis. Kehtiva konfiguratsiooni salvestamiseks on **File**-menüüs tegevus **Save Configuration**.

1.2. Redigeerimine. *Mathcad* jagab dokumendi vastavalt selle osade tekitamisele regioonideks. Tüüpiliselt on iga joonise, ühe valemi või sidusa tekstiosa jaoks oma regioon. Uue regiooni loomiseks kasutatav redigeerimisvahend on ristike.

Ristikese saamiseks on neli viisi:

- klõpsutada hiirega kursori asudes sellises kohas, kus veel ühtegi regiooni pole;
- vajutada reavahetusele matemaatilise avaldise lõpus juhul, kui käesoleva regiooni all ei ole juba teist regiooni;
- hoides all klahvi [Shift] ja vajutades ühele neljast nooleklahvist – ristike tekib käesoleva regiooniga külgnevalt;
- hoides all klahvi [Shift] ja vajutades tühikuklahvile – ristike tekib käesolevast regioonist paremale.

Kui ristikesega on mõni koht märgistatud, võib sinna näiteks matemaatilise avaldise kirjutada.

Matemaatiliste avaldise redigeerimine. Kui minna – hiire

või nooleklahvi abil – juba olemasolevasse avaldisse ja arvul, muutuja- või funktsiooninimel hiirega klõpsutada, tekib kriipsukujuline kursor. Kriipsu kasutatakse üksiktähtede lisamisel ja kustutamisel ning teda liigutatakse nooleklahvide abil. Niipea kui avaldist redigeerides sisestatakse mõni operaator, muutub selline kursor valikukastiks.

Avaldiste ja nende osade redigeerimiseks kasutatakse pidevjoonega valikukasti. Tehtemärgi mõjupiirkonda hõlmav kast tekib, kui sellel tehtemärgil hiirega klõpsutada. Kasti saab regiooni piires suurendada või vähendada vastavalt üles või alla suunatud nooletele vajutades. Kui vajutada klahvile [Del], siis kustutatakse kastis oleva avaldise välimise tehte märk. Teistele redigeerimisoperatsioonidele peale sellise kustutamise on kättesaadav kogu kastis paiknev avaldis. Kastiga hõlmatud avaldisele saab lisada teisi avaldisi. Lisamine toimub selles suunas, kuhupoole on kasti nurk murdud. Seda suunda saab muuta klahvile [Ins] vajutades.

Avaldiste kopeerimiseks pakub **Edit**-menüü mõningaid tegevusliike:

Cut (ehk [Shift] [Del]) kustutab valitud avaldise ja kopeerib selle puhvrisse,

Copy (ehk [Ctrl] [Ins]) kopeerib valitu puhvrisse ilma seda dokumendist kustutamata,

Paste (ehk [Shift] [Ins]) kopeerib selle, mis on parajasti puhvris, dokumenti.

Need tegevused on käivitavad ka paletilt ekraani ülaosas: kääride kujutisega ikoon vastab protseduurile **Cut**, kaks sellest paremale jäävat pildikest vastavad protseduuridele **Copy** ja **Paste**.

Regioonikaupa redigeerimine. Terve regiooni või regioonide kogumi liigutamiseks või kustutamiseks valitakse ta katkendlikust joonest tehtud kasti sisse. Selleks tuleb

1) vajutada ja all hoida hiire vasak klahv, määramaks kasti üks nurk;

2) lohistada hiirt niikaua, kuni katkendjoon hõlmab kõik soovitud regioonid;

3) seejärel klahv lahti lasta.

Sel viisil osutuvad valituks kõik regioonid hiire lohistamise

alg- ja lõpp-punktiga määratud riskülikus. Kui selline riskülik hõlmab ka soovimatuid regioone, osutub tõhusaks teine viis regioone valida. Selleks tuleb

- 1) viia kursor hiirega esimesse valitavasse regiooni;
- 2) vajutades ja all hoides klahvi [Shift], vajutada hiire vasakut klahvi;
- 3) [Shift] ikka all hoides, valida samal viisil ülejäänud soovitud regioonid. Kui [Shift] all ei hoita, siis valitakse välja üksnes käesolev regioon.

Eriti ulatusliku piirkonna valimiseks on soodus selline moodus:

- 1) valida juba tutvustatud viisil mõned regioonid;
- 2) klahvi [Ctrl] all hoides valida viimane regioon ja *Mathcad* loeb valituks kõik regioonid esimese valitud regioonikogumi ja viimase vahel.

Valitud regiooni liigutamiseks

- 1) viia ristike valitud regiooni sisse – ristike paisub;
- 2) lohistada hiirt, kuni kastikesed on kohas, kuhu regioon viia taheti.

Valitud regiooni saab liigutada või kustutada ka **Edit**-menüüd kasutades (tegevused **Cut**, **Copy** ja **Paste**). See viis sobib loomulikult ka regioonide ühest dokumendist teise toimetamiseks. Lisaks on võimalik mitme dokumendiga töötades ühe neist tervikuna teise sisse kopeerida tegevusega **Insert Document**, mis paikneb **File**-menüüs (eelnevalt tuleb sihtdokumendis valida lisamiskoht).

Tühjade ridade lisamiseks klõpsutatakse tühjal real, mille kohale soovitakse tühje ridu lisada, tühjade ridade kustutuseks klõpsutatakse kustutustväärvate ridade kohal, seejärel valitakse **Edit**-menüüst tegevus **Ins/Del Blank Lines** ja teatatakse soovitud ridade arv ning tegevus – lisada või kustutada. Üheainsa tühja rea lisamiseks võib kasutada ka [Ctrl] [F9], kustutamiseks [Ctrl] [F10].

Kui mitu regiooni on üksteise peale kirjutatud, saab nad lahutada **Edit**-menüü operatsiooni **Separate Regions** abil.

Tekstitöötlus. Tekstitöötluseks kätkeb *Mathcad* kahte võima-

lust - tekstiregioonide ja tekstivööndite kasutamist.

Tekstiregioonid (Text Regions) on tekstipiirkonnad, mida võib luua suvalisse kohta dokumendis ning mille suurust saab määrata ja muuta. Et tekstiregiooni luua, klõpsutatakse hiirega kohas, kus soovitakse regiooni alustada ning valitakse tekstimenüüst **Create Text Region** või klõpsutatakse vastaval pildikesel ekraani ülaosas (täht A kasti sees). Uuele reale minnakse automaatselt, kui ollakse kirjutamisega jõudnud parema ääre või lehekülje murdeko hani. Uuele reale üleminekut saab ise esile kutsuda reavahetuse klahvi [Return] abil. Kui hiljem regiooni laiust muuta, säilib selles kohas tehtud reavahetus, aga seda reavahetust saab eemaldada, klõpsutades hiirt regiooni järgmise rea alul ja vajutades [Bksp]. Et seada laius kogu tekstiregioonile, vajutatakse reavahetusklahvi asemel tühikule ja seejärel [Ctrl] [Return]. Kui juhtub, et rea lõppu juurde kirjutamise asemel tahab süsteem uue teksti jaoks teki- tada uue rea, siis tuleb enne lisatava teksti sisestamist vahetult vana teksti järele kirjutada tühik.

Olemasoleva tekstiregiooni laiuse muutmiseks tuleb

1. Valida tekstiregioon valikukasti.

2. Liikuda kasti parema ääre peale, kus suur ristike muutub kahe otsaga nooleks. NÜÜd saab teksti ulatust muuta hiirt lohista- des.

Kui tekst on kirja pandud, saab tekstireziimist väljuda ühel järgnevaist viisidest:

- väljaspool regiooni hiirt klõpsutades;
- vajutades klahvile [Shift] ja nooleklahvile.

Tekstivöönd (Text Band) erineb tekstiregioonist eelkõige selle poolest, et ta algab dokumendi vasakust äärest ja laiub parema ääreni ning tema ulatust muuta ei saa. Kui tekstivöönd luuakse reale, kus juba paikneb avaldisi või jooniseid, siis jäävad need vööndi alla ja kui hiljem hiirt väljaspool vööndit klõpsutada, lüka- takse need allapoole. Erinevalt tekstiregioonidest lasevad teksti- vööndid end mõjutada hilisemast parema ääre muutmisest.

Tekstivöönd luuakse, valides hiirega dokumendis tühja rea, seejärel sooritades **Text**-menüü operatsiooni **Create Text Band**,

[Ctrl] [T] või ekraani ülaosas enamlevinud operatsioonide riba vas-taval ikoonil (täht A ilma kastita) klõpsutuse.

Muus osas käituvad tekstivõõndid ja -regioonid sarnaselt. Kui kursor teksti sisse viia, nähtub ta püstkriipsuna. Kriipsu juurest saab tavalise tekstiredaktori kombel üksiktähti kustutada ja lisa-da. Tekstikursori nihutamiseks saab kasutada nooleklahve. Üles suunatud nool liigutab kursori rea algusse, alla suunatud nool rea lõppu. [Tab] liigutab kursori järgmise sõna algusse, [Shift] [Tab] eelmise sõna algusse.

Suurema tekstiosa valimiseks klõpsutatakse teksti sees ja lohistatakse hiirt. Valitud tekstiosa näidatakse tumedal taustal. Tumeda taustaga valitud tekstiosadele saab rakendada **Edit-**menüü tegevusi **Cut**, **Copy** ja **Paste**.

Kui tekst on valitud, on võimalik muuta tema kirja, suurust, stiili ja positsiooni. Kirja muutmiseks on kirjaribal võimalik lahti rullida kirjade nimekiri. Kirjad, mis on mõeldud üksnes ekraanil või üksnes väljatrükil vaatamiseks, on nimekirjas märgistatud vasta-valt kas sümboliga *S või *P. Suuruse muutmiseks on kirjaribal lahti rullitav suuruselist. Stiili muutmiseks on kirjaribal kolm ikooni, **B** paksu, / kald- ja U allakriipsutatud kirja jaoks. Järgmised kolm ruudukest on positsiooni tarvis. Teine võimalus selleks kõigeks on valida **Text**-menüüst operatsioon **Change Font**.

Vaikimisi kehtiva kirjaliigi muutmiseks on **Text**-menüüs tege-vus **Change Default Mode**.

Tekstist stringide otsimiseks ja asendamiseks on **Edit-**menüüs vastavalt protseduurid **Find** ja **Replace**.

1.3 Avaldised. Ekraani vasakus veerus paikneb operaatorite palett, kust saab matemaatiliste avaldiste kirjanepikul sümboleid ja tehtemärke ammutada.

Muutuja või funktsiooni defineerimiseks kirjutatakse tema nimi, seejärel koolon (mida *Mathcad* käsitleb omistusmärgina :=) ja väärtuseks omistatav avaldis. Kreeka tähti saab võtta pale-tilt, aga nad tekivad ka, kui sisestada vastav ladina täht ning vaju-tada [Ctrl]G. Imaginaarühik tuleb sisestada tingimata koos korda-jaga, kusjuures korrutusmärgi neile vahele ei panda. Funktsioone

defineerides tuleb täheldada, et funktsiooni parameetrit pole vaja eelnevalt deklareerida. Tuleb arvestada tõsiasja, et funktsiooni määramine ei ole ainuüksi nimes peituv string, vaid ka selle kirjutamisel kasutatav kiri.

Mathcad loeb dokumenti vasakult paremale ja ülalt alla. Muutujate ja funktsioonide definitsioonid peavad sellises paigutuses eelnema nende kasutuskohale. Erandiks on siin globaalsed definitsioonid, mida võib paigutada kuhu tahes. Definitsioon on globaalne, kui omistusel muidu kasutatava kooloni asemel tarvitada tilde-märki. Globaalses definitsioonis olevas avaldises asuvad muud muutujad peavad samuti olema defineeritud globaalselt ja eespool.

Vaikimisi püüab *Mathcad* arvutada iga avaldise väärtuse kohe, kui see on sisestatud. Sellist süsteemipoolset automaatset hoiakut näitab sõna **auto** ekraani all paremal nurgas. Autokontrolli vahetamiseks käsitsirežiimi vastu ja vastupidi on **Math**-menüüs protseduur **Automatic Mode**. Käsitsirežiimis lükatakse igasugune arvutamine edasi ajani, mil kasutaja vajutab [F9] või võtab **Math**-menüüst ette tegevuse **Calculate**. Kui mõnd üksikavaldist ei soovita üldse kunagi arvutada lasta, valitakse ta ja sooritatakse operatsioon **Toggle Equation Math**-menüüst. See vabastab ka veateadetest.

Kui *Mathcad* leiab avaldises vea, annab ta sellest teada veateatega. Üksikasjalikumalt infot tehtud vea kohta annab pärast veateatel hiirega klõpsutamist tehtud vajutus klahvile [F1]. Pärast vea parandamist jääb veateate asemele tühi koht. Võib juhtuda, et selles kohas paiknes varem mõni teine regioon. Niimoodi ekraanilt laastatud regioonid taastuvad, kui valida **Windows**-menüüst tegevus **Refresh**.

Märkusena võib veel lisada, et vigaselt defineeritud funktsiooni puhul ilmneb viga alles funktsiooni esmakordsel kasutusel, sest alles siis üritatakse teda väärtustada.

Arvutustulemuste formaadi määramiseks valitakse **Math**-menüüst **Numerical Format**. Ilmub dialoogikast, milles on järgnevad alajaotused:

Radix – arvusüsteemi, milles tulemused esitatakse, muutmine;

Imaginary – imaginaarühikule tähise valimine;

Trailing Zeros – ka nullidega lõppevad tulemused väljastatakse tegevusega **Displayed Precision** määratletud mahu;

Displayed Precision – komakohtade arv väljastusel (mälus säilitatakse 15 tüvikohta, täpsus kehtib üksnes väljastuse tarbeks);

Complex Tolerance – kui suhe kompleksarvu komponentide vahel on väiksem kui 10 vastav aste, siis väiksemat komponenti ei näidata;

Exponential Threshold – arvude jaoks, mis on suuremad kui 10 vastav aste, kasutatakse eksponentesitust.

Et näha arvu täies täpsuses, klõpsutatakse tulemusel ja vajutatakse [Ctrl] [F] (arvu täpne kuju ilmub akna alaservas).

Kui hiirega mingil stringil klõpsutada, ilmub teatud aknasse ekraani ülaosas selle stringi tüüp, millega on määratud ta kiri, suurus ja stiil. Erinevalt tekstistringist muudetakse matemaatilise stringi kirjaliigi muutmisel kõigi sama tüüpi stringide kirjaliiki. Matemaatikarežiimis kasutatavaid tüüpe on võimalik ka juurde teha (näiteks luua vektoreile eraldi tüüp), selleks on **Math**-menüüs tegevus **Modify Font Tag**. Valinud selle protseduuri akna kõige ülemisest menüüst seni kasutamata tüübinime, saab sellele kinnistada kirjaliigi. Klõpsutades nüüd mingil konstandil, muutuja- või funktsiooninimel ja valides soovitava tüübi menüüst, mis peitub tüübinime akna taga (või ka **Math**-menüü protseduuris **Apply Font Tag**), omandab string valitud tüübi ja edaspidi piisab kõigi sellele tüübile vastavate stringide kirjaliigi muutmiseks tüübinimele kinnistatud kirjaliigi muutmisest.

Mathcadisised muutujad. *Mathcad*is on kaheksa muutujat, mida arvutikasutajal on voli kasutada ilma neid defineerimata. Nende väärtused ja kasutusviisid on toodud allpool:

$\pi = 3.14159...$	pii, täpsusega 15 komakohta; märgi kirjutamiseks vajutada [Ctrl] [P] või valida ta vasakul asuvalt paneelilt
--------------------	--

e = 2.71828...	naturaallogaritmi alus, täpsusega 15 komakohta
$\infty = 10^{307}$	lõpmatus; märgi kirjutamiseks vajutada [Ctrl] [Z] või valida paneelilt
% = 0.01	protsent; märk saadakse otse klaviatuurilt
TOL = 10^{-3}	täpsus, mida kasutavad lähendamisalgoritmid (integreerimisel, võrrandite lahendamisel jm)
ORIGIN= 0	jada esimese elemendi indeks
PRNCOLWIDTH= 8	veerulaius funktsiooniga WRITEPRN faili salvestamisel
PRNPRECISION= 4	komakohtade arv funktsiooniga WRITEPRN faili salvestamisel

Soovi korral võib neile muutujaile dokumendi sees ka teisi väärtusi omistada. Nelja viimase muutuja väärtust saab määrata ka, valides **Math**-menüüst tegevuse **Built-In Variables**.

Ühikud. Avanud **Math**-menüüs protseduuri **Units** akna, on võimalik valida dokumendis kasutatavat ühikute süsteemi ning muuta viie dimensiooni nimetusi. Kasutatavate süsteemidena pakutakse **None** (kõik ühikud jäävad kasutaja defineerida), **MKS** (põhiühikud meeter, kilogramm ja sekund), **CGS** (sentimeeter, gramm ja sekund) ning **U.S.** (jalg, nael ja sekund). Samas aknas allpool on toodud viie dimensiooni (mass, pikkus, aeg, laeng ja temperatuur) nimetused, et oleks võimalik neid ümber nimetada. *Mathcad* teostab kõigile avaldistele dimensioonikontrolli ja esitab kõik arvutustulemused koos vastava suuruse dimensiooniga. Ühikud on sisuliselt konstandid, millega avaldised korrutatakse. Omistamaks muutujale dimensiooniga väärtust, korrutatakse see väärtus ühikunimelise konstandiga :

$$\text{mass} := 500 \cdot \text{kg}$$

$$\text{kiirendus} := 7.118 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

Kui neid suurusi arvutustes kasutada, näidatakse tulemus dimensiooniga:

$$\text{jõud} := \text{mass} \cdot \text{kiirendus}$$

$$\text{jõud} = 3559.000 \cdot \text{mass} \cdot \text{length} \cdot \text{time}^{-2}$$

Tulemuse lõppu ilmub väike must kastike, kuhu saab kirjutada avaldise, mille kordsena tulemust näha soovitakse. Loomulik on selleks avaldiseks võtta ühik. Ühiku väljakirjutamise asemel võib ka (pärast mustal kastikesel tehtud klõpsu) otsida ja valida soovitud ühik **Math**-menüü protseduuriga **Insert Unit**. *Mathcad* arvestab lisatud teguri väärtust ja dimensiooni ning leiab selle põhjal uue väärtuse ja dimensiooni:

$$\text{jõud} = 3559.000 \cdot \text{newton}$$

$$\text{jõud} = 3559.000 \cdot \text{mass} \cdot \text{length} \cdot \text{time}^{-1} \cdot \text{Hz}$$

$$\text{jõud} = 1.133 \cdot 10^5 \cdot \text{mass} \cdot \text{length} \cdot \text{time}^{-2} \cdot \pi \cdot \%$$

1.4 Sümbolarvutus. Sümbolarvutus on selleks, et lihtsustada keerulisi avaldisi, tuletada valemeid ja lahendada võrrandeid.

Esmalt tuleb laadida sümbolprotsessor **Symbolic**-menüüst (seda saab teha ka, klõpsutades vahtralehega ruudukesel). Seejärel valitakse välja avaldis ja võetakse **Symbolic**-menüüst ette tegevus, mida sellele avaldisele kohandada. **Symbolic**-menüüs on tegevused jaotatud nelja klassi:

- esimeses klassis need, mida saab teha iga avaldisega või avaldise osaga;
- teises need, mis kasutavad mingi teatud muutuja esinemist avaldises;
- kolmandas maatriksoperatsioonid;
- neljandas abiprotseduurid.

Symbolic-menüüs sisalduvad järgmised tegevused:

Evaluate Symbolically - lõpliku integraali, tuletise, summa või korrutise analüütiline arvutamine;

Simplify - põhilised algebralised ja trigonomeetrilised

lihtsustused;

Expand Expression – korrutiste lahti kirjutamine;

Factor Expression – avaldise teisendamine korrutiseks (kui operatsiooni rakendada ühele täisarvule, esitatakse see algarvude korrutisena);

Collect on Subexpression – avaldise teisendamine ta valitud osa polünoomiks;

Differentiate on Variable – avaldise diferentseerimine valitud muutuja suhtes;

Integrate on Variable – avaldise integreerimine valitud muutuja suhtes;

Solve for Variable – valitud muutuja avaldamine võrdu-
sest;

Substitute for Variables – valitud muutuja asendamine antud avaldise piires puhvris asuva avaldisega;

Expand to Series – avaldise esitamine valitud muutuja reaksarendusena;

Convert to Partial Fraction – hariliku murru (milles kõik arvud on täisarvud) teisendamine osamurdude summaks; eelnevalt valitakse muutuja murru nimetajas;

Transpose Matrix – maatriksi transponeerimine;

Invert Matrix – pöördmaatriksi leidmine;

Determinant of Matrix – maatriksi detereminandi leidmine;

Derivation Format – teisenduse formaadi määramine : võimaldab teisenduse juurde lisada teostatud teisenduse ingliskeelse lühikirjelduse (**Show derivation comments**) ja määrata teisen-
datud kuju asend esialgse suhtes (**Show derivation steps**);

Derive in Place – teisen-datav avaldis asendatakse teisen-
datud kujuga ja esialgset kuju ei säili.

Kui sümbolarvutuse vastus on liiga pikk esitumaks arvu või matemaatilise avaldisena otse dokumendis, siis küsib **Mathcad**, kas panna vastus puhvrissi. Kui lasta vastus puhvrissi paigutada, on võimalik seda hiljem vaadata , kui avada **Program Manageri** aknas **Main Group** ja topelt-klõpsutada puhvri ikoonis.

Puhvris hoitakse avaldisi stringi kujul ning kehtib järgnevalt kirjeldatav süntaks:

Puhvris kasutatav kuju

Kirjeldus

**	astendamine
diff(f(x),x)	f(x) tuletis x järgi
diff(f(x),x\$ <i>n</i>)	f(x) <i>n</i> . järku tuletis x järgi
int(f(x),x)	f(x) integraal x järgi
sum()	summa
product()	korutis
@	funktsioonide kompositsioon
RootOf()	avaldisel juur

Lisamaks vastus tekstina dokumenti, klõpsutatakse tühjas kohas ja valitakse **Edit**-menüüst **Paste**.

SmartMath. **SmartMath** on ekspertsüsteem, mis lihtsustab avaldisi arvuti enese jaoks enne nende väljaarvutamist ning pakub sellega arvutusteks kuluva aja kokkuhoidu.

Esmalt on vaja **SmartMath** laadida, valides ta **Math**-menüüst – menüüs tekib sõna **SmartMath** juurde linnuke.

Avaldisel ette, mida tahetakse lasta **SmartMath**il uurida, kirjutatakse **optimize**, mispeale **SmartMath** üritab lihtsustada omistus- või samaväärsusmärgi paremat poolt. Kui see õnnestub, märgitakse regioon tärniga ja arvutatakse edaspidi lihtsustatud kuju järgi. Et näha seda kuju, tehakse kas topelt-klõpsutus regioonis või valitakse **Math**-menüüst **ShowSmartMath**. Et mitte iga kord kirjutada **optimize**, võib sellest samast menüüst valida **SmartMathControls** ja seepeale **Optimize**.

Kirjeldatud viis lihtsustab avaldisi ühekordselt ja, erinevalt tavalisest võrdusmärgist, hiljem avaldisest ülalpool või vasakul tehtud muutused kord tehtud lihtsustuses enam ei kajastu. Teistsugust lähenemisviisi pakub **Live Symbolic Evaluation**, millega väljenduv operaator käitub tavalise võrdusmärgiga analoogiliselt. Selleks tuleb

- 1) sisestada avaldis;
- 2) vajutada [Ctrl] – tekib nool paremale;
- 3) klõpsutada väljaspool avaldist – noolest paremale tekib teisendatud kuju.

Teisendustegevuse määratlemiseks saab enne teisendust kasutada võtmesõnu

simplify	aritmeetika- ja trigonomeetriaalane lihtsustamine
factor	korrutiste lahtikirjutamine
expand	korrutiseks teisendamine
assume	järgneva muutuja käsitlemine tundmatu muutujana, isegi kui sellele on definitsiooniga omistatud konkreetne väärtus
complex	kompleksarvude käsitlemine kujul $a + ib$

1.5. Võrrandite lahendamine. Ühe võrrandi $f(x)=0$ lahendamiseks pakub kasutaja esmalt ise välja algväärtuse tundmatule x (mille *Mathcad* võtab aluseks lahendi itereerimisel) ning lahendamiseks kasutab funktsiooni $\text{root}(f(x), x)$, mis peaks tagastama lahendi. Kui lahendit siiski ei leita, võib põhjus peituda järgnevas:

- avaldisel polegi juuri;
- juured paiknevad kaugel algväärtusest;
- algväärtuse ja juure vahel paikneb lokaalne ekstreemum ja iteratsioon ei pääse sellest üle;
- algväärtuse ja juure vahel asub katkevuspunkt;
- algpakkumine oli reaalarv, aga leidub vaid komplekseid lahendeid – või vastupidi.

Näide :

$$\begin{array}{ll}
 x := 1 & \text{root}(x^2 + 5 \cdot x + 8, x) = \\
 & \boxed{\text{not converging}} \\
 x := 1 + i & \text{root}(x^2 + 5 \cdot x + 8, x) = -2.500 + 1.323i
 \end{array}$$

Lahendamiskiirust saab suurendada täpsuse kahandamisega. Selleks muudetakse süsteemisest muutujat TOL, kas kohapeal dokumendis või siis tegevuse **Built-In Variables** abil **Math-**menüüst, taotlemaks globaalset efekti.

Võrrandisüsteemi lahendamiseks tuleb algväärtused välja pak-
kuda kõigile tundmatuile. Eespool süsteemi kirjutatakse võtme-
sõna **given**, mis ütleb, et see, mis järgneb, on süsteem. Lahendi
tagastab funktsioon **find(x1,x2,...)**. Lahend tuleb leida esimeses
süsteemile järgnevas avaldises. Kui tekib viga, käitutakse nagu
ühe võrrandigagi.

Võrrandite kirjanepul kasutatakse loogilist võrdusmärki
(klahvikombinatsioon [Ctrl] = , Vanemuise 46-106 toimib [Ctrl]+),
mitte tavalist võrdusmärki, mida tarvitatakse avaldise väärtuse väl-
jaarvutamisel. Süsteemis võivad sisalduda ka võrratused, need
kirjutatakse võrratusmärkidega (vt punkt 2.1) .

Näide võrrandisüsteemi lahendamisest :

$$x := 1 \quad y := 1$$

$$\text{Given} \quad x^2 + y^3 = 4$$

$$x + y = 1$$

$$\begin{pmatrix} \text{xlahend} \\ \text{ylahend} \end{pmatrix} := \text{Find}(x,y)$$

$$\begin{pmatrix} \text{xlahend} \\ \text{ylahend} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.547 \\ 1.547 \end{pmatrix}$$

On olemas funktsioon **minerr**, mis arvutatakse samuti nagu
find, kuid juhtumel, mil **find** lahendit ei leia, lubab **minerr** pigem
väikese ebatäpsuse, aga midagi pakub lahendiks välja ikka.

1.6. Käsiraamatud. Book-menüü alt pääseme ligi käsiraama-
tule **Standard Handbook**, milles on infot matemaatika-, füüsika-
ja keemiaalaste põhitõdede kohta. Teiste käsiraamatute olemas-
olu korral saab neidki sellest menüüst lugeda. Käsiraamatutega
opereeritakse sarnaselt tavalistele dokumentidele, see tähendab
muuhulgas, et neist on võimalik meelepäraseid lõike puhvrissse
paigutada ja teistesse dokumentidesse kopeerida.

2. Operatsioonid ja standardfunktsioonid

2.1. Üldised tehted. Siin toodud tabelis ja ka edaspidi kehtivad järgmised tähistused : z ja w on reaali- või kompleksarvud, x ja y on reaalarvud, m ja n on täisarvud, i on juba defineeritud etteantud muutumispiirkonnaga muutuja, j võib olla defineerimata täisarvuline muutuja, t võib olla eelnevalt defineerimata suvalist skalaarset tüüpi muutuja, f on defineeritud kui skalaarse väärtusega funktsioon, X ja Y on suvalist tüüpi defineeritud muutujad või avaldised.

Puhkudel, mil *Mathcad* dokumentatsioonis toodu ja Tartu Ülikooli arvutiklassis Vanemuise 46-106 kehtiv lahku lähevad, on sulgudes lisatud meil toimivad klahvikombinatsioonid .

Tehe	Klahv(id)	Kirjeldus
(X)	'	sulud
$n!$!	faktoriaal
\overline{X}	"	kaaskompleks
z^w	^	astendamine
	([Alt Gr][Å])	
$-X$	-	korrumine arvuga -1
\sqrt{z}	\	ruutjuure peaväärtus
$ z $		suurus
	([Alt Gr]<)	
$\frac{X}{z}$	/	jagamine

$X \cdot Y$	*	korrutamine
$\sum_{j=m}^n X$	[Ctrl][Shift]4	summa
$\prod_{j=m}^n X$	[Ctrl][Shift]3	korrutis
$\sum_i X$	\$	summa
$\prod_i X$	#	korrutis
$\int_x^y f(t) dt$	&	integraal
$\frac{d}{dt} f(t)$?	esimest järku tuletis
$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	[Ctrl] ? ([Ctrl][Shift] ')	n. järku tuletis
$X + Y$	+	liitmine
$X - Y$	-	lahutamine
$X \dots + Y$	[Ctrl][Return]	liitmine ja reavahetus
$x > y$	>	suurem
$x < y$	<	väiksem

$x \geq y$	[Ctrl]0	suurem või võrdne
$x \leq y$	[Ctrl]9	väiksem või võrdne
$z = w$	[Ctrl] = ([Ctrl] +)	võrdne
$z \neq w$	[Ctrl]3	mittevõrdne

2.2 Standardfunktsioonid.

Trigonomeetrilised funktsioonid. Nurki mõõdetakse radiaanides.

$\sin(z)$	siinus
$\cos(z)$	koosinus
$\tan(z)$	tangens
$\csc(z)$	koossekans
$\sec(z)$	seekans
$\cot(z)$	kootangens
$\arcsin(z)$	arkussiinus
$\arccos(z)$	arkuskoosinus
\cdot	
$\operatorname{atan}(z)$	arkustangens
$\operatorname{angle}(x, y)$	nurk punkti (x,y) kohavektori ja x-telje positiivse suuna vahel
$\sinh(z)$	hüperboolne siinus

$\cosh(z)$	hüperboolne koosinus
$\tanh(z)$	hüperboolne tangens
$\csc h(z)$	hüperboolne koossekans
$\sech(z)$	hüperboolne seekans
$\coth(z)$	hüperboolne kootangens
$\operatorname{asinh}(z)$	areasiinus
$\operatorname{acosh}(z)$	areakoosinus
$\operatorname{atanh}(z)$	areatangens

Logaritm- ja eksponentsiaalsed funktsioonid.

$\exp(z)$	arvu e aste
$\ln(z)$	naturaallogaritm
$\log(z)$	logaritm

Kompleksarvfunktsioonid.

$\operatorname{Re}(z)$	reaalosa
$\operatorname{Im}(z)$	imaginaarosa

$\arg(z)$ θ väärtus avaldises $z = r \cdot e^{i \cdot \theta}$

Statistikafunktsioonid. Muutuja v on andmevektor.

$\operatorname{mean}(v)$	keskväärtus	$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} v_i$
--------------------------	-------------	------------------------------------

$$\text{var}(v) \quad \text{dispersioon} \quad \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} (v_i - \text{mean}(v))^2$$

$\text{stdev}(v)$ standardhälve (ruutjuur dispersioonist)

Jaotusfunktsioonid. Muutuja x on reaalarv ja z on positiivne reaalarv.

$$\text{cnorm}(x) \quad \text{kumulatiivne normaaljaotuse jaotusfunktsioon} \quad \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$\text{erf}(x) \quad \text{Laplace'i funktsioon} \quad \int_0^x \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-t^2} dt$$

$$\Gamma(z) \quad \text{Euleri gammafunktsioon} \quad \int_0^{\infty} t^{z-1} \cdot e^{-t} dt$$

Interpolatsioonfunktsioonid. Siin olgu vx ja vy ühepikkused andmevektorid, kusjuures vx elemendid peavad olema kasvavas järjekorras.

$\text{linterp}(vx, vy, x)$ leiab andmevektorite vx ja vy abil argumendile x vastava y väärtuse lineaarse interpolatsiooni meetodil

$\text{interpol}(vs, vx, vy, x)$ leiab andmevektorite vs, vx ja vy abil argumendile x vastava y väärtuse kuupsplaine kasutades; seejuures on vs splaini teist järku tuletisist koosnev vektor, mis eelnevalt luuakse vektorite vx ja vy põhjal mõnega järgnevast kolmest funktsioonist :

lspline(vx, vy)	lähendatakse sirgjoonega
pspline(vx, vy)	lähendatakse parabooliga
cspline(vx, vy)	lähendatakse kuupkõveraga

Juhuslike arvude genereerimine.

rnd(x) funktsioon, mille väärtuseks on ühtlase jaotusega juhuarv 0 ja x vahel

Generaatori algväärtuse muutmiseks kasutatakse tegevust **Randomize** **Math**-menüüst.

Funktsioonid jadade sorteerimiseks.

sort(v) vektori v elemendid kasvavalt sorteerituna

csort(A, n) maatriksi A read sorteeritakse kasvavalt väärtuste järgi n. veerul

rsort(A, n) maatriksi A veerud sorteeritakse kasvavalt väärtuste järgi n. real

reverse(v) vektori elemendid järjestatakse vastupidiselt

reverse(A) maatriksi read järjestatakse vastupidiselt

Tingimusefunktsioonid.

iff(tingimus, tv, vv) kui tingimus on tõene, siis on avaldise väärtuseks tv, aga kui tingimus on väär, siis on avaldise väärtuseks vv

until(x, z) itereerimisprotsessi peatamiseks kasutatav tsükkel : avaldise väärtuseks omistatakse korduvalt z, kuni avaldis x muutub negatiivseks (omistades avaldise väärtuse jada elemendile, on tsükli lõplikkuseks mõistlik koostada z nii, et ta sõltuks jada eelmistest elementidest)

Mitmesuguseid funktsioone.

$\delta(m, n)$	Kroneckeri funktsioon
$\varepsilon(i, j, k)$	väärtuseks on 1, kui i, j , ja k annavad paarispermutatsiooni, 0, kui neist mingid kaks on võrdsed ja -1, kui i, j ja k annavad paaritupermutatsiooni
$\text{floor}(x)$	suurim täisarv, mis pole suurem kui reaalarv x
$\text{ceil}(x)$	vähim täisarv, mis pole väiksem kui reaalarv x
$\text{mod}(x, y)$	jääk x jagamisel arvuga y , tulemus on sama märgiga kui x

Funktsioonid failidele juurdepääsuks.

READ(file)	avaldis, mille väärtuseks on andmefailist loetud skalaar; kasutatakse näit: $v_i := \text{READ}(\text{file})$
WRITE(file)	kirjutatakse skalaar faili; kui fail juba on olemas, siis kirjutatakse ta üle; kasutatakse näit: $\text{WRITE}(\text{file}) := v_i$
APPEND(file)	olemasoleva faili lõppu andmete lisamine, kasutatakse näit : $\text{APPEND}(\text{file}) := v_i$
READPRN(file)	avaldis, mille väärtuseks on andmefailist loetud maatriks, kusjuures iga rida failis on rida maatriksis; kasutatakse näit : $v_i := \text{READPRN}(\text{file})$
WRITEPRN(file)	kirjutatakse maatriks faili; kui fail juba on olemas, siis kirjutatakse ta üle; kasutatakse näit :

WRITEPRN(file) := v_i

APPENDPRN(file) olemasoleva faili lõppu lisamine, kasutatakse näit:

APPENDPRN(file) := v_i

Esimesed kolm funktsiooni kasutavad .dat -laiendiga faile, ülejäänud .prn -laiendiga faile. Laiendi määrab *Mathcad* iseseisvalt. Kataloogi muutmiseks valitakse **File**-menüüst **Associate Filename**. Failis laiendiga .prn olgu igas reas sama palju veerge, sest iga failirida vaadeldakse maatriksi ühe reana.

2.3. Maatriksid. Maatriksi loomiseks on kolm teed :

- valida **Math**-menüüst operatsioon **Matrices** (või vajutada [Ctrl][V]), täita ilmnev dialoogikast ning täita dokumendis tekkinud tühi maatriks ;

- kasutada etteantud muutumispäikkonnaga muutujaid ;

- lugeda maatriks andmefailist.

Operatsioon **Matrices** võimaldab ka muuta olemasoleva maatriksi ridade ja veergude arvu nende lisamise või kustutamise teel. Eelnevalt tuleb välja valida maatriksi üks element, millest paremale või alla lisatakse vastavalt veerge või ridu, või millega määratud reast alates (kaasaarvatult) toimub kustutamine. Et lisada veergu esimesest veerust vasakule või esimesest reast ülespoole, valitakse eelnevalt üksikelemendi asemel terve maatriks ning vajutatakse korduvalt ülessuunatud noolega klahvile, seejärel sooritatakse lisamisoperatsioon.

Sisestataval maatriksil saab olla ülimalt 100 elementi. (Funktsiooni **augment** abil on siiski võimalik luua suuremaid maatrikseid.) Väljastatakse ainult 200 esimest rida või veergu, ent arvutamisel arvestatakse kõigiga.

Alljärgnevas tabelis on toodud maatrikseile rakendatavad operatsioonid, kusjuures A ja B tähistavad vektoreid või maatrikseid, u ja v tähistavad vektoreid, M tähistab ruutmaatriksit,

u_j ja v_j tähistavad vektorite üksikelemente, z tähistab reaalarvu, m ja n tähistavad täisarve.

Puhkudel, mil *Mathcad* dokumentatsioonis toodu ja Tartu Ülikooli arvutiklassis Vanemuise 46-106 kehtiv lahku lähevad, on sulgudes lisatud meil toimivad klahvikombinatsioonid .

Operatsioon	Klahv(id)	Operatsiooni kirjeldus
$A \cdot z$	*	korrutamine skalaariga
$u \cdot v$	*	skalaarkorrutis
$A \cdot B$	*	korrutis
$A \cdot v$	*	korrutis
$\frac{A}{z}$	/	jagamine skalaariga
$A + B$	+	vastavate elementide liitmine
$A + z$	+	igale elemendile liidetakse z
$A - B$	-	vastavate elementide lahutamine
$A - z$	-	igast elemendist lahutatakse z
$-A$	-	kõik elemendid korrutatakse arvuga -1
M^n	^ ([Alt Gr][Å])	astendamine
$ v $	 ([Alt Gr]<)	suurus
$ M $	 ([Alt Gr]<)	determinant

A^T	Ctrl]1	transposeerimine
$u \times v$	[Ctrl]8	ristkorrutis
\overline{A}	"	kaasmaatriks
$\sum v$	[Ctrl]4	elementide summa
\vec{A}	[Ctrl]-	vektoriseerimine : kõiki maatriksile rakendatud operatsioone sooritatakse maatriksi asemel tema üksikelementidega
$A^{<n>}$	[Ctrl]6	vektor, mis on maatriksi n. veerg
v_n	[üksikelement
$A_{m,n}$]	üksikelement

Tuleb tähele panna, et maatriksi elemente nummerdatakse alates muutuja ORIGIN väärtusest, mis on vaikimisi 0.

Töös maatrikseiga on kasutatavad järgmised funktsioonid:

rows (A)	ridade arv
cols (A)	veergude arv
length (v)	vektori elementide arv
last (v)	vektori viimane indeks
max (A)	maksimaalne element
min (A)	minimaalne element
identity (n)	n-dimensionaalne ühikmaatriks
tr (M)	maatriksi jälg
Re (A)	maatriksist A imaginaarosade ärajätmise järel saadud maatriks
Im (A)	maatriksist A reaalosade ärajätmise järel saadud maatriks
augment (A, B)	sama ridade arvuga maatriksite kõrvuti-asetusel saadud maatriks

eigenvals (M) reaalsete elementidega maatriksi oma-
vektor
eigenvec (M, z) normaliseeritud omavektor, mis vastab
omaväärtusele z

Vektoriseerimine. Nii nimetatakse operaatorit, mille kasutamisel sooritatakse kõiki maatriksile rakendatud operatsioone maatriksi asemel tema üksikelementidega. Näiteks kui v ja w on vektorid, siis

$$\overrightarrow{\sin(v)}$$

on vektor, mille elementideks on siinused vektori v vastavatest elementidest, ning

$$\overrightarrow{(v \cdot w)}$$

on vektor, mille elementideks on vektorite v ja w vastavate elementide korrutised.

Silmitseme näitena vektoriseerimise kasutamist kolme ruutvõrrandi lahendamiseks, mille kordajad esitame vektoreina .

$$p := \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \quad q := \begin{pmatrix} 8 \\ -9 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$x := \overrightarrow{\left(-\frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} - q} \right)} \quad x = \begin{pmatrix} -2.500 + 1.323i \\ 3.000 \\ -1.000 + 1.732i \end{pmatrix}$$

Kontroll :

$$\overrightarrow{(x^2 + p \cdot x + q)} = \begin{pmatrix} 0.000 \\ 0.000 \\ 0.000 \end{pmatrix}$$

2.4. Etteantud muutumispiirkonnaga muutujad. Kõigi iteratiivsete protsesside sooritamisel kasutatakse muutujaid, mille muutumispiirkond on ette antud. Niisuguse muutuja defineerimiseks kirjutatakse tema nime ja omistumärgi järel väärtuste vahemik, mis talle omistatakse. Vahemikku jäävad ekraanil tähistama kaks punkti, mille saamiseks kirjutatakse semikoolon. Näiteks klaviatuuril sisestatud

k:1,1.5;3

paistab ekraanil välja

k := 1,1.5..3

ning tähendab, et muutuja k muutub ühest kolmeni, kusjuures sammuks võetakse komaga eraldatud esimese ja teise arvu vahe, st siin 0.5 . Nendest kolmest arvust teine ja koma selle ees võib ka märkimata jääda, sellisel juhul võetakse sammuks vaikimisi 1 . Kui sellist muutujat kusagil kasutatakse, tehakse arvutused tema iga väärtuse kohta eraldi. Muutuja väärtused väljastatakse tabelina, mis sisuliselt pole midagi muud, kui üks viis väljastada vektorit. Kui kasutada vektori nime indeksiga, siis näidatakse ta tabelina, kui ilma, siis vektorina. Tabel näitab ainult esimesi 50 väärtust.

Tabeli sisestamiseks üksikväärtuste kaupa defineeritakse üks etteantud naturaalsete väärtustega muutuja ja seejärel seda muutujat indeksina kasutav tabelit sisaldav muutuja, kirjutades tema nime, omistumärgi ning üksteise järel tabeli elemendid, pannes üksikelementide vahele koma. Pärast esimese elemendi järel sisestatud koma tekibki tabel :

i := 1..5

t_i :=

1.41
5.92
6.53
5.89
7.92

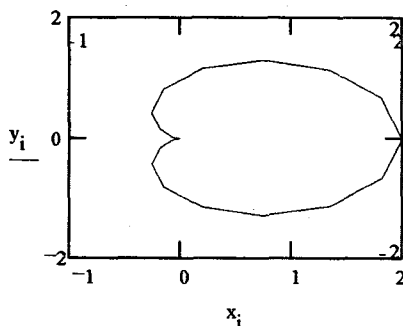
Tabelisse elementide lisamiseks klõpsutatakse eelneva elemendi lõpus ja pannakse sinna koma, mille järel tekib uue elemendi jaoks lahter.

Vaatame näitena ülesannet, kus kasutatakse eelpoolkäsitatud tüüpi muutujaid – joonistada graafik parameetrilisel kujul esitatud funktsioonile.

$$n := 18 \quad i := 0..n$$

$$\theta_i := 2 \cdot \pi \frac{i}{n} \quad r_i := \cos(\theta_i) + 1$$

$$x_i := r_i \cdot \cos(\theta_i) \quad y_i := r_i \cdot \sin(\theta_i)$$



θ_i	r_i	x_i	y_i
0	2.000	2.000	0
0.349	1.940	1.823	0.663
0.698	1.766	1.353	1.135
1.047	1.500	0.750	1.299
1.396	1.174	0.204	1.156
1.745	0.826	-0.143	0.814
2.094	0.500	-0.250	0.433
2.443	0.234	-0.179	0.150
2.793	0.060	-0.057	0.021
3.142	0	0	0
3.491	0.060	-0.057	-0.021
3.840	0.234	-0.179	-0.150
4.189	0.500	-0.250	-0.433
4.538	0.826	-0.143	-0.814
4.887	1.174	0.204	-1.156
5.236	1.500	0.750	-1.299
5.585	1.766	1.353	-1.135
5.934	1.940	1.823	-0.663
6.283	2.000	2.000	0

Kuna θ väärtused pole naturaalarvud, ei saanud teda kasutada x ja y indeksina ja seepärast võeti kasutusele lisamuutuja i . Seda sammu saab vältida, kui kasutada vektorite asemel funktsioone.

$$n := 18$$

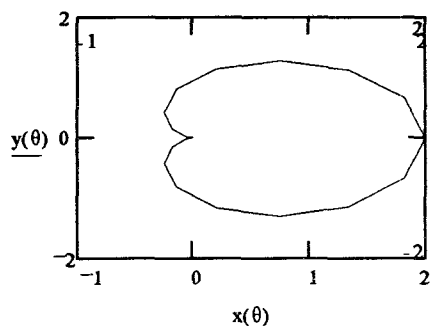
$$\theta := 0, 2 \cdot \frac{\pi}{n} \dots 2 \cdot \pi$$

$$r(\theta) := \cos(\theta) + 1$$

$$x(\theta) := r(\theta) \cdot \cos(\theta)$$

$$y(\theta) := r(\theta) \cdot \sin(\theta)$$

θ	$r(\theta)$	$x(\theta)$	$y(\theta)$
0	2.000	2.000	0
0.349	1.940	1.823	0.663
0.698	1.766	1.353	1.135
1.047	1.500	0.750	1.299
1.396	1.174	0.204	1.156
1.745	0.826	-0.143	0.814
2.094	0.500	-0.250	0.433
2.443	0.234	-0.179	0.150
2.793	0.060	-0.057	0.021
3.142	0	0	0
3.491	0.060	-0.057	-0.021
3.840	0.234	-0.179	-0.150
4.189	0.500	-0.250	-0.433
4.538	0.826	-0.143	-0.814
4.887	1.174	0.204	-1.156
5.236	1.500	0.750	-1.299
5.585	1.766	1.353	-1.135
5.934	1.940	1.823	-0.663
6.283	2.000	2.000	$-5.819 \cdot 10^{-15}$

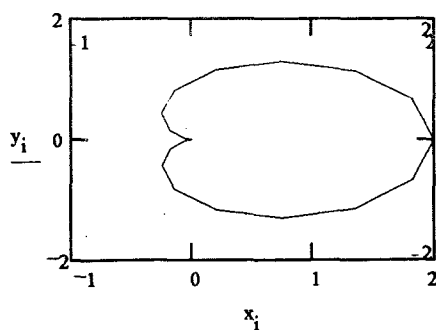


Enamasti toimub arvutamine kiiremini, kui kasutada vektori-seerimist:

$$n := 18 \quad i := 0..n$$

$$\theta_i := 2 \cdot \pi \frac{i}{n} \quad r := (\cos(\theta) + 1)$$

$$x := (r \cos(\theta)) \quad y := (r \sin(\theta))$$



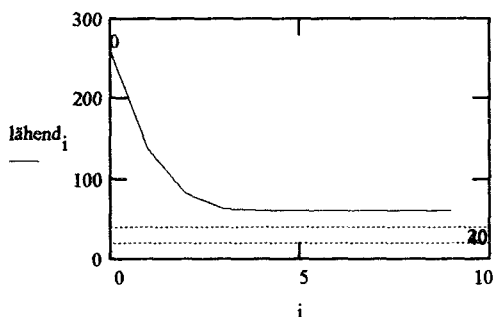
θ_i	r_i	x_i	y_i
0	2.000	2.000	0
0.349	1.940	1.823	0.663
0.698	1.766	1.353	1.135
1.047	1.500	0.750	1.299
1.396	1.174	0.204	1.156
1.745	0.826	-0.143	0.814
2.094	0.500	-0.250	0.433
2.443	0.234	-0.179	0.150
2.793	0.060	-0.057	0.021
3.142	0	0	0
3.491	0.060	-0.057	-0.021
3.840	0.234	-0.179	-0.150
4.189	0.500	-0.250	-0.433
4.538	0.826	-0.143	-0.814
4.887	1.174	0.204	-1.156
5.236	1.500	0.750	-1.299
5.585	1.766	1.353	-1.135
5.934	1.940	1.823	-0.663
6.283	2.000	2.000	0

2.5. Iteratsiooni kasutamine süsteemis *Mathcad*. Jada esimesele elemendile omistatakse algväärtus ning ülejäänud elemendid defineeritakse eelmisest elemendist sõltuvana.

Näitena algväärtusega iteratsiooni kasutusest arvutatakse $\sqrt{3700}$

$\text{lähend}_0 := 260$ $n := 9$ $i := 0..n$ $a := 3700$

$$\text{lähend}_{i+1} := \left(\text{lähend}_i + \frac{a}{\text{lähend}_i} \right) \cdot \frac{1}{2}$$



i	lähend _i	(lähend _i) ²
0	260.000	6.760 · 10 ⁴
1	137.115	1.880 · 10 ⁴
2	82.050	6732.199
3	63.572	4041.427
4	60.887	3707.211
5	60.828	3700.004
6	60.828	3700.000
7	60.828	3700.000
8	60.828	3700.000
9	60.828	3700.000

Mõnede ülesannete lahendamisel osutub sobilikuks kasutada skalaaride asemel itereeritava jada elementidena vektoreid. Iteratsioon toimub sel juhul analoogilisel viisil.

2.6. Graafikud. Menüüs **Graphics** on neli erinevat graafiku-liiki. Enne graafikuid kuvama asumist defineeritakse kuvatavad funktsioonid, valitakse tühjas kohas klõpsutamisega koht graafiku jaoks ning siis valitakse sobiv graafikuliik.

Create X-Y Plot kuvab kahemõõtmelise ristkoordinaadistikus graafiku. Graafikutelgedel on kohad, mis tuleb graafiku saamiseks täita. Kumbagi telje keskel on koht suurusele, mille väärtust graafik näitab, ning otstes on kohad skaalaulatuse määramiseks (neid otspunkte võib lasta ka *Mathcad*il määrata). Graafikutelgedele võib märkida mitte üksnes funktsiooni ja tema argumenti, vaid ka näiteks vektori ja indeksi, või kaks sama argumentiga funktsiooni, või kaks sama indeksiga vektorit. Võib ka mitu avaldist y-teljele kanda, siis sisestatakse need komadega eraldatult ning x-teljele kantav avaldis peab olema ühine või igaühe jaoks oma. Joonisele saab lisada horisontaalseid ja vertikaalseid jooni. Selleks tuleb klõpsutada graafiku sees ning kirjutada tekkivaist graafiku x- ja y-telje piire näitavast neljast arvust ühe asemele vastavalt x- või y-telje väärtuse, millele vastavat joont tahetakse saada.

Olemasoleva graafiku mõõtmeid ja parameetreid on võimalik muuta. Mõõtmete muutmiseks valitakse graafik katkendjoonest kasti ning venitatakse kasti paremat või alumist serva. Parameetrite muutmiseks valitakse **X-Y Plot Format** menüüst **Graphics** (või topelt-klõpsutatakse graafikus) ning täidetakse ilmnev dialoogikast, mis pakub kumbagi telje formateerimiseks järgnevat:

Log Scale – logaritmiline skaala;

Grid Lines – skaala näitamine joonestikuna;

Numbered – skaala näitamine;

Clip to Markers – graafiku skaalapiiiride vaatamine ja rõhtning püstjoonte graafikule vedamine;

Auto grid – skaalanäitude arv.

Kõverate kujutamiseviisi määramiseks pakutakse tabelit, millega saab kõvera punkte märkida sümboleiga (veerg **Symbol**), määrata jooneliiki (**Line**) ja -tüüpi (**Trace type**).

Hide Arguments ja **Hide Legends** võimaldavad määrata graafiku juurde märgitava info hulka.

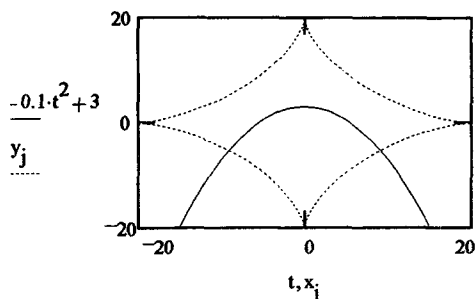
Määramaks graafikute formaat vaikimisi, valitakse **Use for defaults**. Uue vaikimisiformaadi kohandamiseks juba varem ole-

mas olnud graafikule klõpsutatakse sel graafikul ning valitakse **Revert**.

Näide :

$$a := 20 \quad j := 0..76 \quad t := -15..15$$

$$x_j := a \cdot \left(\cos\left(\frac{j}{12}\right) \right)^3 \quad y_j := a \cdot \left(\sin\left(\frac{j}{12}\right) \right)^3$$



Create Polar Plot loob esmalt polaarkoordinaadistikuna ringjoone, mille juures on kaks tühja kohta. All on koht nurga jaoks (avaldis, mis sisaldab etteantud muutumiskiirgusega muutujat). Vasakule märgitakse avaldis, mille graafikut tahetakse. Polaarkoordinaadistikus graafiku formateerimisprotseduur **Polar Plot Format** sarnaneb protseduurile **X-Y Plot Format**.

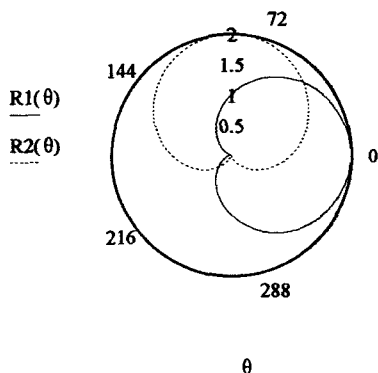
Näide:

$$N := 50$$

$$\theta := 0 \cdot \text{deg}, 1 \cdot \text{deg}.. 360 \cdot \text{deg}$$

$$R1(\theta) := \cos(\theta) + 1$$

$$R2(\theta) := \sin(\theta) + 1$$



Create Surface Plot kuvab pinna. Pinnana kujutatakse maatriksit, mille ridu ja veerge vaadeldakse vastavalt kui x- ja y-koordinaate ning iga elemendi väärtus on z-koordinaadiks. x-telg suundub vaataja poole, y-telg paremale ja z-telg üles.

Graafiku formateerimiseks kolmemõõtmelises ruumis on protseduur **Surface Plot Format**, millel on järgnevad võimalused:

Rotation – koordinaadistiku pööramine, st vaatenurga muutmine;

Tilt – vaataja nihutamine üles-alla, st vaatekoha kõrguse määramine;

Vertical Scale – vertikaalskaala ulatuse määramine ekraanil;

Hide Lines – teiste pinnaosad taha jäävate pinnaosade mittenäitamine (so läbipaistmatus);

Patch Plot – pinda moodustavate ruudukeste näitamine horisontaalseina;

Change to Contour – pinnajoonise muutmine kontuurjooniseks;

Show Axes – koordinaattelgede näitamine;

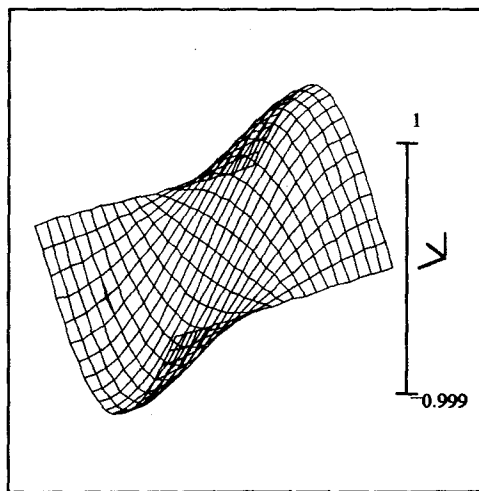
Show border – piirdejoone näitamine joonise ümber;

Shading – võimalus muuta pinnaosade tumedust sõltuvalt kõrgusest.

Näide pinnajoonisest:

$k := 0..20$ $p := 0..20$

$$M_{k,p} := \cos\left(\frac{p}{2 \cdot \pi}\right) \cdot \sin\left(\frac{k}{2 \cdot \pi}\right)$$

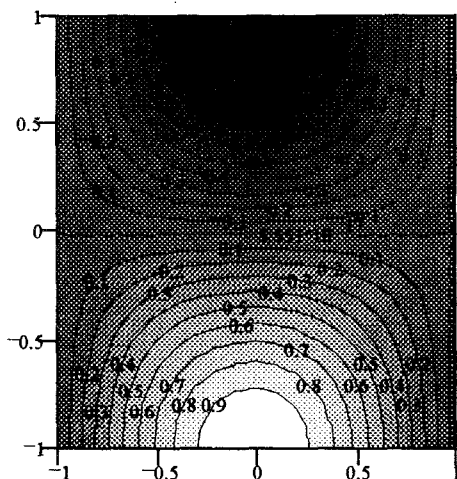


M

Contour Plot esitab maatriksi väärtusi kontuurina. Maatriksi veerge ja ridu tõlgendatakse x- ja y-telgedena, joonisel kujutatakse samasuured elemendid nivoojoonena.

Kontuurjoonise formateerimiseks pakutakse telgede jaoks samalaadseid tegevusi, kui tasapinnaliste graafikute formateerimisel. Erinevate väärtuste erineva tumedusega näitamine on tuttav idee pinnajooniste formateerimisest. Lisaks on võimalik muuta x- ja y-telje skaala miinimum- ja maksimumväärtust ning kontuuride arvu. On võimalik muuta kontuurjoonis pinnajooniseks.

Näitena esitame eelpool defineeritud maatriksi kontuurjoonisel :



M

*Mathcad*is puuduvad vahendid mingil muul moel kui mingi funktsiooni graafikuna esituvate piltide loomiseks, kuid teiste programmidega tehtud pilte saab *Mathcad*is esitada, kui nad asetada puhvrissse ja **Edit**-menüü tegevusega **Paste** dokumenti tuua, või lugeda pildifailist **Create Picture** abil **Graphics**-menüüst. OLE-serveriga saadud pilte on võimalik kohe puhvriss sisse lugeda. Kui soovitakse pilti *Mathcad*iga tehtud parandusi säilitada originaalfailis, kasutatakse pildi lugemiseks **Paste** asemel protseduuri **Paste Special**. Plotteriformaadiga (HPGL-failide) piltide *Mathcad* pildiformaati teisenduseks kasutatakse eraldi programmi nimega *mestrans* ja pilt loetakse dokumenti protseduuriga **Create Picture Graphics**-menüüst.

Käesolev juhend on kirjutatud süsteemis *Mathcad* ver 4.0 .

Kasutatud kirjandus

Mathcad^{4.0} . User's Guide . Fourth printing .– Cambridge :
MathSoft, Inc , 1993 .– 454 pp.

Sisukord

- 1. Põhimõtteid tööks *Mathcad*iga - 3
 - 1.1 Dokumendi kuju - 3
 - 1.2 Redigeerimine - 4
 - Matemaatiliste avaldiste redigeerimine - 4
 - Regioonikaupa redigeerimine - 5
 - Tekstitöötlus - 6
 - 1.3 Avaldised - 8
 - Mathcad*isisesed muutujad - 10
 - Ühikud - 11
 - 1.4 Sümbolarvutus - 12
 - Smartmath - 14
 - 1.5 Võrrandite lahendamine - 15
 - 1.6 Käsiraamatud - 16
- 2. Operatsioonid ja standardfunktsioonid - 17
 - 2.1 Üldised tehted - 17
 - 2.2 Standardfunktsioonid - 19
 - Trigonomeetrilised funktsioonid - 19
 - Logaritm- ja eksponentsiaalsed funktsioonid - 20
 - Kompleksarvfunktsioonid - 20
 - Statistikafunktsioonid - 20
 - Jaotusfunktsioonid - 21
 - Interpolatsioonifunktsioonid - 21
 - Juhuslike arvude genereerimine - 22
 - Funktsioonid jadade sorteerimiseks - 22
 - Tingimusfunktsioonid - 22
 - Mitmesuguseid funktsioone - 23
 - Funktsioonid failidele juurdepääsuks - 23
 - 2.3 Maatriksid - 24
 - Vektoriseerimine - 27
 - 2.4 Etteantud muutumiskiirkonnaga muutujad - 28
 - 2.5 Iteratsiooni kasutamine süsteemis *Mathcad* - 33
 - 2.6 Graafikud - 34